

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Années 1910-1911

N° 6

TROIS GRANDES STATIONS FILTRANTES

DE L'OUEST DE LA FRANCE

LE MANS-CHATEAUDUN-CHARTRES

Étude chimique comparative de ces eaux avant et après filtration

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le 1911

par **Louis LEVERNIEUX**

Pharmacien de 1^{re} classe

JURY { MM. BOUCHARDAT, *Président.*
GRIMBERT, *Professeur.*
GUÉGUEN, *Agrégé.*

LE MANS
IMPRIMERIE MONNOYER
12, PLACE DES JACOBINS, 12

1911

UNIVERSITÉ DE PARIS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Années 1910-1911

N° 6

TROIS GRANDES STATIONS FILTRANTES

DE L'OUEST DE LA FRANCE

LE MANS - CHATEAUDUN - CHARTRES

Étude chimique comparative de ces eaux avant et après filtration

THÈSE

Pour l'obtention du Diplôme de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

(PHARMACIE)

Présentée et soutenue le

1911

par **Louis LEVERNIEUX**

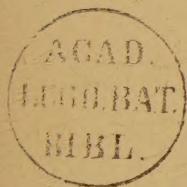
Pharmacien de 1^{re} classe

JURY

MM. BOUCHARDAT, *Président.*
GRIMBERT, *Professeur.*
GUÉGUEN, *Agrégé.*

LE MANS
IMPRIMERIE MONNOYER
12, PLACE DES JACOBINS, 12

1911



PERSONNEL DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Administration

MM. GAUTIER, Directeur, ✱, ☉ I.
BOUCHARDAT, Assesseur, O. ✱, ☉ I.
E. MUSSON, Secrétaire, ☉ I.

Professeurs

MM. BOUCHARDAT, O. ✱, ☉ I. Hydrologie et minéralogie.
GUIGNARD, Membre de
l'Institut, O. ✱, ☉ I. Botanique générale.
VILLIERS. ✱, ☉ I. Chimie analytique.
BOURQUELOT, ✱, ☉ I. Pharmacie galénique.
GAUTIER, ✱, ☉ I. Chimie minérale.
RADAIS, ☉ I. Cryptogamie.
BEHAL, O. ✱, ☉ I. Chimie organique.
PERROT, ✱, ☉ I. Matière médicale.
COUTIERE, ☉ I. Zoologie.
BERTHELOT, ☉ I. Physique.
GRIMBERT, ☉ I. Chimie biologique.
MOUREU, ✱, ☉ I. Pharmacie chimique.
LEBEAU, ☉ I. Toxicologie.

Directeur honoraire : M. GUIGNARD, O. ✱, ☉ I.
Professeurs honoraires : MM. MARCHAND, ☉ I ;
JUNGFLEISCH, O ✱, ☉ I.

Agrégés en Exercice

MM. GUERBET, ☉ I.		MM. GUÉRIN, ☉ I.
DELEPINE, ☉ I.		GUÉGUEN, ☉ I.
VALEUR, ☉ A.		LUTZ, ☉ I.
BOUGAULT, ☉ A.		HÉRISSEY, ☉ I.
TASSILLY, ☉ I.		

Chefs des Travaux Pratiques

MM. DEFACQZ, ☉ I	Chimie générale.
COUSIN, ☉ I...	Chimie analytique.
SOUÈGES, ☉ A	Micrographie.
MOURLOT, ☉ I	Physique.
BARTHELAT, ☉ I.....	Microbiologie.

Chef du Laboratoire des examens pratiques : M. JAVILLIER, ☉ A.
Bibliothécaire en Chef : M. DORVEAUX, ☉ I.

A M. LE PROFESSEUR G. BOUCHARDAT

PROFESSEUR D'HYDROLOGIE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Hommages respectueux

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA FAMILLE

A MES AMIS

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	9
--------------------	---

CHAPITRE PREMIER

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LES FILTRES A SABLE	11
---	----

CHAPITRE II

LE MANS	15
Étude historique	15
Dans l'antiquité	15
Au XIX ^e siècle	17
Description de l'usine actuelle	19
Dégrossisseurs	20
Préfiltration	22
Bassins filtrants	23
Membrane filtrante	24
Couverture des bassins filtrants	26

CHAPITRE III

CHATEAUDUN	28
Historique	28
Description de l'usine	29

CHAPITRE IV

CHARTRES	32
Historique	32
Description de l'usine	34
Dégrossisseurs	35
Usine électrique	38

CHAPITRE V

Étude comparative de ces différents systèmes de filtration	40
Tableaux d'analyse	44
CONCLUSIONS	50
BIBLIOGRAPHIE	53

INTRODUCTION

Les procédés de purification de l'eau destinée à l'alimentation sont nombreux et variés, mais on doit s'assurer qu'en les utilisant on n'introduise dans l'eau aucun élément étranger capable d'en modifier profondément la composition.

Il semble qu'à ce point de vue, les filtres à sable aient atteint ce but en imitant la nature dans son œuvre. Mais ce passage de l'eau à travers une couche de sable plus ou moins épaisse, est-il capable d'en amener une amélioration sensible et d'en modifier la composition minérale dans un sens favorable.

C'est cette question que nous nous sommes proposé d'étudier dans ce travail, en comparant les résultats obtenus par ces différents systèmes de filtration qui ont été établis dans notre région, depuis quelques années seulement.

Laissant de côté la partie bactériologique, nous nous sommes proposé d'étudier les modifications chimiques subies par l'eau.

Après un court exposé sur la question des filtres à sable, nous avons fait l'étude historique de chaque station pour montrer comment, à la suite des progrès de l'hygiène, les villes avaient été amenées à épurer leur eau d'alimentation ;

puis nous avons décrit chacune de ces installations, enfin, nous avons montré les modifications chimiques éprouvées par l'eau, tant pendant la période de beau temps (juillet, août, septembre) que pendant la période de crue de novembre 1910.

Avant d'exposer ce sujet, qu'il nous soit permis d'adresser tous nos remerciements à M. le Professeur Bouchardat qui a bien voulu nous admettre dans son laboratoire. Qu'il daigne agréer, ce modeste travail comme un faible gage de notre profonde reconnaissance.

Nous adressons également tous nos remerciements à M. François, dont l'accueil a toujours été si aimable et si bienveillant, et qui a su nous guider par ses précieux conseils.

Enfin, nous ne saurions oublier MM. Marchadier, chargé du service de la surveillance des eaux du Mans, Queriaux, de Châteaudun, Lhuillier, de Chartres, qui ont eu l'amabilité de nous donner tous les renseignements concernant les usines installées dans chacune de ces villes. Qu'ils daignent agréer, l'expression de notre vive gratitude.

CHAPITRE PREMIER

Quelques généralités sur les filtres à sable

La question d'alimentation d'une ville en eau potable est certainement une de celles qui intéressent au plus haut point l'hygiène. Sans vouloir exagérer le rôle que joue la consommation d'une eau malsaine sur les agglomérations urbaines, on a malheureusement constaté des épidémies qui n'ont pas d'autre origine. On comprend dès lors les efforts qui ont été faits de tout côté par les municipalités, pour parer à un tel danger, et fournir aux habitants des villes une eau potable.

L'eau pour être potable, doit présenter des caractères qui sont d'ordre physique, chimique et biologique. Au point de vue physique, l'eau doit être limpide, d'une saveur fraîche, sans odeur, d'une bonne conservation.

Au point de vue chimique elle ne doit pas avoir un résidu salin supérieur à cinquante centigrammes par litre, ne doit contenir qu'une faible proportion de chlorure, de nitrate, aucune trace de nitrite et une quantité de matière organique inférieure à 2 mill. 1/2 exprimée en oxygène absorbé en milieu alcalin.

Enfin, au point de vue bactériologique, elle ne doit renfermer qu'un nombre restreint de microorganismes et jamais de microbes pathogènes: « *ce qui est important, c'est moins la quantité que la qualité des espèces; la qualité des germes a une autre influence que la quantité, une eau peut être riche en germes et relativement saine, une autre très pauvre et relativement dangereuse* » (1).

Autrefois, quand les recherches chimiques et surtout biologiques étaient limitées, on jugeait de la valeur d'une eau par ses caractères organoleptiques et on attachait une grande importance à la limpidité, aussi pour obtenir une eau claire, on la filtrait à travers des substances poreuses, ordinairement le sable, le charbon; cette filtration d'abord limitée aux usages domestiques, fut ensuite mise en pratique pour l'eau destinée à l'approvisionnement des grandes masses, c'est ainsi qu'en 1805, on filtrait sur les quais des Grands Augustins l'eau de la Seine au moyen du filtre Happey.

La première application vraiment industrielle du filtrage des eaux date de 1829, époque à laquelle un ingénieur anglais, nommé Simpson, eut l'idée d'établir des bassins filtrants à base de sable pour clarifier les eaux de la Tamise. A cette époque, on ignorait complètement les théories microbiennes et on attribuait à cette clarification un rôle purement mécanique; ce n'est que beaucoup plus tard que l'on put donner une interprétation vraiment scientifique à ce filtrage, et montrer que l'eau n'est pas seulement clarifiée, mais qu'elle est épurée.

En observant ce qui se passe dans la nature, on a pu rap-

(1) Duclaux.

procher ce phénomène de filtration de celui qui préside à la formation des sources. Les eaux de source qui sortent des terrains sablonneux sont supérieures à celles que l'on rencontre à la surface de la terre, tant par leur composition chimique que bactériologique; surtout quand elles sourdent dans des endroits où il n'y a pas d'agglomération et où, par conséquent, la contamination ne se produit pas. Que se passe-t-il dans la nature? La pluie, en tombant sur le sol, rencontre une couche de sable plus ou moins épaisse, elle chemine à travers, jusqu'au moment où une couche imperméable l'arrête dans sa course; pendant ce trajet, cette eau va être le siège de nombreuses réactions qui, toutes, tendent à contribuer à son épuration.

Tout d'abord, elle perd une partie de son gaz carbonique et, par suite, une bonne quantité de chaux qu'elle tenait en dissolution, grâce à cet excès de gaz carbonique va se déposer; de plus, les ferments nitreux et nitriques, agiront à leur tour pour transformer la matière organique. Cette eau ainsi purifiée, rencontrant la couche imperméable, va former une nappe souterraine qui, tôt ou tard, émergera en un point quelconque du sol, pour constituer une source. N'avons-nous pas là l'exemple d'un filtre à sable naturel?

Il convient de remarquer que la filtration dans la nature, s'opère sur une surface immense où l'air et la lumière ne font jamais défaut, qu'elle se fait à travers des couches qui ont plusieurs mètres d'épaisseur et avec une certaine lenteur. Il n'en est pas de même dans nos installations, où on fait passer, sur une épaisseur de sable assez faible, dans un espace de temps limité, des volumes d'eau parfois considérables. Néanmoins, ces filtres ont rendu de grands services

pour l'épuration des eaux superficielles dans les villes où l'eau de source fait défaut.

Après avoir été utilisé en Angleterre, l'usage du filtre à sable s'est répandu en Amérique, puis en Allemagne, notamment à Berlin, pour la filtration des eaux de la Sprée, à Hambourg, où leur usage a donné d'excellents résultats. En France, cette méthode a été utilisée un peu plus tardivement, tout d'abord dans la banlieue parisienne, à Yvry et à Saint-Maur, puis, dans certaines grandes villes, Nancy, Lille.

Dans la région de l'Ouest, on compte trois grandes installations récentes. Le Mans, où la filtration se fait au moyen de filtres à sable submergé. Châteaudun, où on utilise le filtre à sable non submergé et enfin Chartres, où l'eau, tout d'abord filtrée au moyen des filtres à sable, est soumise à l'action de l'ozone.

Nous allons étudier ces trois grandes stations.

CHAPITRE II

Le Mans.

Avant d'examiner le régime actuel des eaux, il est intéressant de se reporter à l'antiquité et d'admirer les travaux que nous ont légués nos ancêtres. Ces travaux se sont conservés en partie jusqu'à nos jours; vers 1850, on les mit à profit pour alimenter la ville.

DANS L'ANTIQUITÉ.

Les Romains qui occupaient la région, cinquante ans avant notre ère, étaient alimentés par les eaux de drainage provenant de la vallée d'Isaac. Ces eaux étaient amenées par leur propre poids, au moyen d'un canal, tantôt à ciel ouvert, tantôt fermé jusqu'au camp des Romains, établi sur la place de l'Eperon actuelle. Ces travaux furent restaurés par saint Julien, premier évêque du Mans. La fontaine qui existe encore aujourd'hui, portait au xvi^e siècle, le nom de *Sancthononum*; la légende gothique d'une tapisserie de la cathédrale s'exprime ainsi : *Comment saint Julien arriva près de la cité du Mans, frappa de la pointe de son bâton pastoral en terre, d'où miraculeusement sourdit une fontaine nommée Sancthononum.*

Enfin, un aqueduc complètement fermé, dont on retrouve de nombreux vestiges dans les souterrains du vieux Mans, amenait l'eau d'une source appelée « Les Fontenelles » située à quatre kilomètres environ de la ville. Cette eau servait à l'alimentation des bains romains établis entre les rues des Chapelains et de Gourdain. Cette source existe encore aujourd'hui, devenue libre par suite de la destruction de l'aqueduc romain, elle forme, avec le ruisseau du Moret, un petit cours d'eau « La Gironde », qui se jette dans la Sarthe.

Il faut croire que ces travaux furent méconnus jusqu'au milieu du xix^e siècle, puisqu'il n'en est jamais fait mention dans les différents projets exécutés depuis, notamment dans ceux d'Aldéric.

Saint Aldéric, vingt-huitième évêque du Mans, entreprit dans la vallée d'Isaac de grands travaux, fit construire un réservoir d'où partait la canalisation principale qui alimente aujourd'hui la fontaine de la place Saint-Michel et qui, avant 1880, alimentait la fontaine de la place Saint-Pierre. Cette canalisation fut coupée au moment du percement du tunnel.

Les travaux de saint Aldéric furent conservés en bon état pendant plusieurs siècles ; au xviii^e siècle, ils servaient à alimenter la ville. A cette époque, ils durent subir de nombreuses réparations et pour obvier au manque d'eau qui se faisait sentir, on chercha à utiliser une nouvelle source située au nord-ouest de la vallée d'Isaac ; celle-ci étant à un niveau trop bas, on imagina d'établir une pompe pour élever son eau dans la canalisation principale. Cette pompe fut actionnée par les prisonniers jusqu'au moment de la révolution, époque à laquelle on remplaça la main-d'œuvre humaine par un manège.

AU XIX^e SIÈCLE

Alimentation avec de l'eau de source. — En 1810, M. Auvray, préfet de la Sarthe, fit faire des études pour utiliser l'eau des Fontenelles et des sources qui se trouvaient dans le voisinage, sources très abondantes, qui auraient largement suffi pour l'approvisionnement de la ville, malheureusement, elles étaient trop basses pour alimenter la ville haute. Ce projet fut abandonné en raison des frais qu'en auraient occasionné l'exécution.

Vers 1829, l'engouement pour les sources jaillissantes était un peu général, surtout depuis l'ouverture à Paris, du puits artésien de Grenelle. Le Mans veut aussi avoir son puits artésien ; des essais infructueux, du reste, sont faits sur la place Sainte-Ursule et sur celle des Jacobins. A peu près à la même époque, un projet était soumis à la municipalité. Ce projet est intéressant à rappeler, parce que c'était la première fois que l'on songeait à abandonner l'eau de source pour utiliser l'eau de rivière ; il consistait à prendre l'eau de la Sarthe au moulin Saint-Gervais, et à l'élever dans un réservoir situé sur les hauteurs de Saint-Vincent. Le projet fut abandonné après la Révolution de 1830, par suite du renversement de la Municipalité.

A partir de ce moment, on revient aux sources de la vallée d'Isaac, on répare les conduites de saint Aldéric, on cherche à donner à ces anciennes canalisations le maximum de rendement. Sur ces entrefaites, le percement des rues du quartier de la Croix-de-Pierre fait découvrir les restes d'une canalisation romaine. On fit faire des sondages pour suivre cette canalisation et creuser un puits dans la vallée d'Isaac.

C'est au cours de ces travaux que l'on découvrit, à cinq mètres de profondeur, la maçonnerie intacte d'un puits carré enfoui dans le sol; ce puits n'était autre chose qu'un regard de l'ancienne canalisation romaine qui avait été méconnue jusqu'alors. Ces travaux de recherche eurent pour conséquence de rassembler toute l'eau des sources de la vallée d'Isaac et permirent ainsi d'alimenter la ville pendant un certain temps. L'eau était assez abondante pour attendre un état meilleur des finances de la ville et mettre à exécution les grands projets qui avaient été soumis autrefois à la municipalité.

Alimentation avec de l'eau de rivière. — Les premiers essais d'alimentation de la ville par l'eau de rivière datent de 1854, l'eau était prise dans l'Huisne, à l'endroit du Gué-de-Maulny, au moyen d'une machine à vapeur de quatre chevaux; cette eau était destinée à la gare du Chemin de fer qui venait d'être construite. Cette installation était l'exécution de l'un des projets établis par M. Lhommédé, sur la demande de M. Trouvé Chaumel. Ce n'est qu'en 1857 que le premier service public fut créé, une pompe à vapeur de deux chevaux est annexée à l'usine, en même temps qu'un réservoir est construit rue de Tessé, il est destiné à régulariser la distribution de l'eau en ville.

En 1871, par suite de l'augmentation de la population l'usine est divisée en deux étages, le haut et le bas service, ayant chacun leur réservoir, l'un rue de Tessé et le deuxième sur la route de Bonnétable, au lieu dit les « Cerisiers ».

Ce service public ainsi établi, était largement suffisant

pour parer au manque d'eau, mais il fallait compter avec les progrès de la science et surtout de l'hygiène.

Les hygiénistes s'élèvent bientôt, avec juste raison d'ailleurs, contre une pareille installation. L'usine élévatoire du Gué de Maulny est située en aval de la ville, or, en cet endroit, l'eau de l'Huisne est plus ou moins polluée d'une part par son parcours à travers la ville surtout dans un quartier populeux, d'autre part l'installation des bains froids et de bateaux-lavoirs à proximité même de l'usine, n'est pas sans présenter des dangers pour la qualité de l'eau destinée à l'alimentation. Malgré les nombreuses protestations du comité d'hygiène, il faut attendre jusqu'en 1900 pour voir la question être discutée au conseil municipal et recevoir une solution.

Le 14 février 1903, le conseil municipal adopte le projet suivant : « alimentation de la ville du Mans par l'eau de l'Huisne, prise en amont de la ville au barrage de l'Epau. Epuration de cette eau par le filtrage au sable bactériologiquement conduit et précédé d'un dégrossissage préalable. »

DESCRIPTION DE L'USINE ACTUELLE.

L'usine actuelle est bâtie à quatre kilomètres de la ville, en bordure de la ligne du chemin de fer du Mans à Paris, à proximité de la route nationale. Elle s'élève à l'emplacement du vieux moulin de l'Epau, si regretté des artistes et en face de l'ancien abbaye de l'Epau, dans un des sites les plus pittoresques de la région. L'Huisne a été légèrement détournée de son cours normal, la dérivation établie amène l'eau par deux bras au pied de l'usine. L'eau subit de ce fait une première décantation, décantation grossière, il es

vrai, qui est facilitée du reste par la présence d'un appareil dit « râteau », ainsi nommé à cause de sa forme. Il arrête les matériaux les plus gros, constitués surtout de débris végétaux de toute sorte entraînés par le courant. La quantité en est telle, que pendant la crue de l'hiver 1910 on en enlevait tous les jours plusieurs mètres cubes.

L'eau avant d'être aspirée rencontre un deuxième « râteau » beaucoup plus fin, qui continue et achève le travail effectué par le premier appareil.

La mise en mouvement des pompes se fait soit par les machines hydrauliques, soit par les machines à vapeur. Les premières sont utilisées quand les eaux de l'Huisne ne sont pas très élevées, elles comprennent deux roues Sagebien ; l'usine à vapeur compte quatre pompes centrifuges, trois machines élévatoires, six chaudières, une dynamo à courant continu pour l'éclairage.

Dégrossisseurs. — L'eau aspirée n'arrive pas directement sur les filtres à sable, elle subit une première opération à laquelle on a donné le nom de dégrossissage, qui a pour but d'enlever à l'eau les substances solides qu'elle tient en suspension, ces substances iraient se déposer sur le filtre et entraîneraient de ce fait un nettoyage beaucoup plus fréquent des bassins filtrants. Le système de dégrossisseur adopté au Mans, est le système Puech.

Il existe quatre séries de dégrossisseurs, comprenant chacun quatre éléments. Chaque élément est constitué d'un bassin rectangulaire présentant un double fond, le premier est formé par une dalle en tôle perforée, sur laquelle est placée le gravier, cette dalle repose sur une nacelle en

ciment, qui elle-même est fixée sur un radier en ciment lisse. La couche de gravier est de vingt-cinq à trente centimètres d'épaisseur. La grosseur des grains va en diminuant de diamètre, en passant d'un élément à l'autre; dans le premier le diamètre atteint de trois à quatre centimètres, dans le deuxième, de deux centimètres à deux centimètres et demi, dans le troisième de un centimètre à un centimètre et demi,

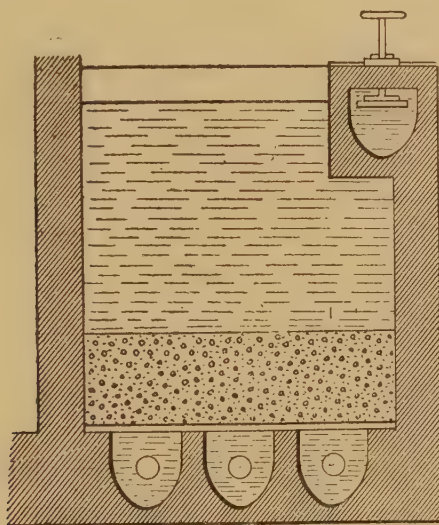


Schéma des dégrossisseurs.

et enfin dans le dernier de quatre à six millimètres. L'eau dégrossie est drainée dans un tuyau perforé en grès vernissé. On peut remarquer que ce tuyau est situé à une certaine distance du fond pour éviter l'entraînement des matières boueuses, qui auraient pu traverser le gravier.

Au bout d'un certain temps le dégrossisseur est imprégné de matières étrangères, que l'eau a laissées par son passage,

aussi on est obligé de procéder au nettoyage. Primitivement, celui-ci s'effectuait en bêcheant le gravier, aujourd'hui on le pratique au moyen d'un jet de lance, dans ces conditions, la force du jet, entraîne non seulement les matières étrangères, qui se sont déposées, mais encore détruit les cryptes calcaires qui ont pu se constituer.

Préfiltration. — L'eau ainsi dégrossie arrive sur le filtre à sable, où elle subit pour ainsi dire deux filtrations ; la préfiltration ne diffère en rien de la filtration proprement dite, ce sont les mêmes bassins filtrants qui servent à cette opération. Néanmoins, dans certaines installations, principalement en Amérique, on utilise des appareils spéciaux, parmi les préfiltres, il convient de citer celui qui est employé à Philadelphie, et dont l'invention est due à un français, M. Maignen.

Ce préfiltre comprend une série de couches de matériaux dont les dimensions vont en diminuant de bas en haut. La couche filtrante a une épaisseur d'un mètre, elle est recouverte d'une couche de 0 m. 20, formée de fragments d'éponges tassés dans un cadre de bois, l'eau traverse ce préfiltre de bas en haut. Dans d'autres stations, on emploie des préfiltres à coagulants.

La préfiltration présente de grands avantages, surtout pendant la période de crue, elle permet d'arrêter les matières qui se trouvent en suspension dans l'eau, et qui n'ont pu être arrêtées par les dégrossisseurs, elle empêche par conséquent l'encrassement du filtre et retarde l'époque du nettoyage, ce qui est un avantage sérieux comme nous le verrons.

Au Mans, la préfiltration se fait sans l'emploi d'autres appareils que les bassins filtrants.

Bassins filtrants. — Les bassins filtrants sont situés au Nord-Ouest de l'installation, ils occupent une superficie de 12.500 mètres carrés, ils sont au nombre de dix, quatre servent à la préfiltration de l'eau, quatre à la filtration proprement dite, enfin deux sont continuellement en voie de nettoyage.

Chaque bassin filtrant est composé d'un vaste rectangle, dont les parois sont en béton armé, le fond est formé d'un radier imperméable en ciment, sur ce radier, repose une maçonnerie en briques, supportant des dalles, dites poreuses en béton, sur ces dalles, se trouve placé le sable qui constitue la matière filtrante.

La hauteur de la couche de sable est variable suivant les différentes installations, il est certain que plus elle est épaisse, plus la résistance à vaincre par l'eau est considérable et plus la filtration est parfaite, mais il y a aussi des inconvénients car la vitesse de filtration diminue proportionnellement à l'épaisseur de la couche de sable, et d'autre part il est nécessaire dans la construction des bassins filtrants d'en élever les parois ce qui augmente considérablement les frais d'installation.

En Angleterre, les filtres de la Compagnie South Wail and Vaux hal ont une épaisseur de sable qui atteint un mètre cinquante; en Allemagne, à la station de Tegel, cette hauteur est de 1 m. 20; en Suède, elle atteint de 1 m. à 1 m. 50.

D'après les règles proposées par Kock relatives à la filtration au sable, la couche de sable ne doit jamais être réduite par les nettoyages successifs au-dessous de 0 m. 30. La hauteur adoptée au Mans est de 0 m. 90, et le bassin filtrant

est de nouveau chargé quand cette couche est réduite à une épaisseur de 0 m. 60.

Le sable employé dans la construction des bassins filtrants n'est pas quelconque, il doit répondre à certaines conditions d'ordre physique et chimique. Les conditions d'ordre physique ont été définies par Hazen. Il appelle grandeur effective d'un sable le diamètre d'une sphère dont le volume serait supérieur à 10 % des grains les plus fins et inférieur au 90 % des grains les plus gros. Au Mans, on utilise les grains de sable qui passent au tamis de 2 millimètres.

Quant aux conditions d'ordre chimique, il est recommandé de ne pas employer un sable renfermant de matières organiques et contenant plus de 2 % de chaux et de magnésie exprimée en carbonate. Dans notre région, le sable qui répond le mieux aux conditions exigées est le sable de la Loire. Il est lavé pour être débarrassé des matières étrangères qu'il peut renfermer.

Le sable doit être réparti aussi uniformément que possible et légèrement tassé. Cette précaution est indispensable si on veut éviter les interstices par où l'eau se fraierait un chemin, ce qui aurait pour effet de nuire à la bonne marche de l'appareil. C'est sur ce sable que l'eau va apporter les éléments qui vont constituer la membrane filtrante.

Membrane filtrante. — Il est établi aujourd'hui que c'est la membrane filtrante qui joue le rôle essentiel dans le fonctionnement du filtre à sable submergé, le sable n'étant qu'un simple support à cette membrane. Celle-ci est composée de substances minérales (silice et chaux), de substances végétales et d'organismes inférieurs. La substance minérale

forme un support à la substance végétale qui va se développer. Les spores amenées par l'eau et par l'air germent, donnent naissance à des algues qui bientôt forment un feutrage épais; c'est au milieu de ce terrain que vont se développer les protozoaires et les microorganismes.

Cette membrane ainsi constituée n'est pas inerte, elle est grouillante de vie et d'activité, les algues riches en chlorophylles vont contribuer à l'épuration de l'eau. En effet, la dissociation du bicarbonate de chaux en dissolution dans l'eau va se produire, il y aura mise en liberté de gaz carbonique et précipitation de la chaux à l'état de carbonate insoluble. Le gaz carbonique libre sera à son tour décomposé grâce à la fonction chlorophyllienne des algues, le carbone sera absorbé par les végétaux et de l'oxygène naissant sera mis en liberté. Cet oxygène agira à son tour sur la matière organique pour la brûler, pendant que les ferments nitreux et nitriques la transformeront en nitrite et en nitrate. Enfin, les espèces microbiennes les plus fortes l'emporteront sur les plus faibles, et comme ce sont les espèces pathogènes qui sont les moins résistantes, ce sont elles qui disparaîtront tout d'abord. Telles sont les réactions qui vont s'accomplir sur le filtre submergé.

La membrane filtrante met un certain temps à se développer; tant qu'elle n'est pas formée, on dit que le filtre est en maturation. Cette maturation dépend beaucoup de la limpidité de l'eau, c'est pourquoi les dégrossisseurs et les pré-filtres jouent un rôle considérable, cela est si vrai qu'on a pu constater que pendant la période de pluie de l'hiver 1910 (1),

(1) Janvier et Février.

des filtres ont dû être retirés du service pour être nettoyés avant leur maturation, les algues n'ayant pu se développer à cause de la quantité de matière en suspension dans l'eau.

La vitesse de passage de l'eau est réglée au moyen d'appareil automatique, la vitesse admise est de 2 m. 40 en 24 heures, dans certains cas, lorsque les eaux ont subi une décantation et une préfiltration préalable cette vitesse peut être doublée; ainsi à Zurich la vitesse adoptée est de 4 m. 80, il en est de même dans certaines installations américaines.

Couverture des bassins filtrants. — Enfin pour achever la description de l'installation du Mans, il convient de faire remarquer que les bassins filtrants sont à découvert, la couverture des filtres présente des avantages : l'hiver elle empêche la formation de la glace, l'été elle soustrait l'eau à l'action des rayons solaires, elle maintient donc l'eau à une température constante, la formation de la glace l'hiver est un inconvénient sérieux qui arrête le fonctionnement des filtres. A Indianopolis, on a utilisé un système de tuyaux dans lesquels circule un courant de vapeur qui empêche la congélation de l'eau, dans d'autres stations d'Amérique, on établit un court-circuit qui, en déterminant une élévation de température, amène la fusion de la glace.

Dans notre région, cet inconvénient n'est pas aussi gros de conséquences, les hivers ne sont pas très rigoureux, il y a lieu de faire remarquer que la couverture des bassins filtrants amenant une certaine obscurité, le développement des algues, par suite la maturation du bassin, se trouve être retardée.

Telle est la description de l'usine du Mans. Ajoutons que la production quotidienne s'élève à 20.000 mètres cubes par jour, la consommation est de 9.000 l'hiver et de 12.000 l'été.

CHAPITRE III

Châteaudun.

Nous venons de voir qu'au Mans, le procédé de purification de l'eau destinée à l'alimentation est constitué par des filtres à sable submergé, à Châteaudun, nous aurons un mode tout différent, bien qu'on se serve encore du sable comme élément filtrant. Cette utilisation du filtre à sable non submergé est de date récente, c'est du reste à Châteaudun que les premiers essais industriels furent faits sur l'initiative de M. Beaudet.

HISTORIQUE

La ville de Châteaudun quoique très ancienne, ne possède aucun vestige de l'antiquité relativement au mode d'alimentation en eau de ses habitants.

Ils ont toujours utilisé l'eau de puits, ceux-ci sont du reste très nombreux et quelques-uns sont très anciens.

En 1857, on installa à l'endroit où s'élève actuellement l'usine de filtration, une machine élévatoire destinée à alimenter la ville haute. L'eau était fournie par deux sources, la source du Château et la source de la Fontaine Ronde, la première fut abandonnée à la suite d'une épidémie de fièvre

typhoïde, on trouva alors qu'elle était fortement contaminée.

Châteaudun eut comme Le Mans, son essai de puits artésien, mais à une époque beaucoup plus récente; une entreprise semblable avait donné de bons résultats aux environs de Vendôme; à Châteaudun, on atteignit une profondeur de 230 mètres environ, l'eau était très bonne, mais la quantité n'étant pas suffisante pour alimenter la ville, même après l'installation d'une pompe Mamouth; on dut renoncer complètement à ce projet et abandonner les travaux.

C'est à la suite d'expériences faites à Paris par le Docteur Miquel, relativement à la filtration de l'eau sur filtre à sable non submergé, que M. Beaudet, proposa à la Municipalité de Châteaudun d'expérimenter ce mode de purification. Les essais furent faits de 1905 à 1907, ils donnèrent de très bons résultats à la suite desquels le projet de purification de l'eau de la ville par le filtre à sable non submergé fut adopté.

DESCRIPTION DE L'USINE.

On utilise comme nous l'avons dit précédemment, l'eau de la fontaine Ronde dont le débit est évalué à 1.200 mètres cubes par 24 heures. Cette eau est toujours limpide, même au moment des grandes pluies, elle est un peu calcaire, étant donné la nature du terrain qu'elle traverse. Cette source jaillit au pied du château, elle est par suite de son parcours à travers toute la ville haute, sujet à des contaminations accidentelles, le terrain crayeux ne constitue pas un bon filtre et grâce aux fissures qui s'y rencontrent, il arrive souvent que les eaux superficielles contaminées pour

la plupart du temps, se mélangent avec la nappe souterraine, c'est pourquoi une purification est nécessaire.

L'usine de filtration est bâtie au pied de la ville haute, sur les bords du Loir, elle occupe un espace relativement restreint : 350 mètres carrés.

Le réservoir d'eau brute est situé à la partie supérieure du bâtiment, la partie moyenne étant occupée par les bassins filtrants, la partie inférieure par le réservoir d'eau filtrée. La construction tout entière repose sur des fondations en béton armé.

L'eau brute est amenée au moyen d'un canal en béton dans un puits, d'où une pompe mise en mouvement par un moteur électrique, la refoule dans le réservoir d'eau brute. La distribution de cette eau sur les bassins filtrants est assurée par huit conduites de plomb qui partent du réservoir central et se divisent en quatorze embranchements pour amener l'eau sur les bassins filtrants. Chaque conduite se divise à son tour et chacune de ces divisions porte de onze à douze ajutages doubles, par où l'eau s'écoule sur les bassins filtrants.

Les cuves où s'opère la filtration sont au nombre de seize, disposées sur quatre rangées parallèles, laissant entre elles un passage plus ou moins large pour le service. Chaque cuve est de forme rectangulaire, mesure 6 mètres de long sur 2 m. 75 de large, le fond est formé d'un radier en ciment armé, il est légèrement incliné pour permettre l'écoulement de l'eau filtrée; sur ce radier sont placées des briques qui supportent des dalles poreuses sur lesquelles repose la masse filtrante. Ajoutons que chaque bassin porte une bonde à soupape, qui permet de l'isoler complètement du reste

des appareils filtrants. La masse filtrante est formée de sable de la Loire lavé et tamisé de 1 millimètre à 1 mil. $1/2$ de diamètre, la hauteur de cette couche atteint 1 m. 25.

Le débit de l'eau sur le filtre est réglé par des robinets qui sont placés sur la canalisation principale. D'après M. Janet, le débit ne devrait pas dépasser 1 mètre cube par 24 heures, M. Miquel admet un débit de 2 m. $1/2$, et M. Beaudet a montré que l'on pouvait atteindre sans inconvénient un débit de 4 à 5 mètres cubes.

Le nettoyage de ces filtres est très simple, il suffit de gratter la couche superficielle de sable, d'en enlever 2 à 3 centimètres pour détruire le dépôt de carbonate de chaux qui s'est produit et pour empêcher le colmatage. Ce nettoyage se fait assez rarement étant donné que l'eau comme nous l'avons déjà dit est presque toujours limpide.

Les appareils filtrants sont situés dans un bâtiment clos, quelques ouvertures ménagées à la partie supérieure suffisent pour l'éclairer. Cette demi obscurité empêche le développement des algues sur la masse filtrante, elle assure une température constante à l'eau et la soustrait aux contaminations provenant de l'air.

Nous ajouterons pour achever la description de l'usine de Châteaudun que M. Beaudet est en train d'étudier une modification qui a donné de très bons résultats. L'eau au lieu d'être répandue par un double ajutage et de filtrer toujours au même endroit, sera uniformément répartie sur la couche de sable au moyen d'un tourniquet hydraulique ; une couche de gravier repose sur la partie supérieure du sable, elle empêche la formation des sillons qui se produiraient forcément et qui amèneraient tôt ou tard l'immersion des couches supérieures.

CHAPITRE IV

Chartres.

HISTORIQUE.

Les Romains ont laissé dans cette ville de nombreux vestiges, ils utilisaient comme au Mans du reste, la valeur alimentaire des eaux de source. Cette eau provenait de la fontaine de Houdouenne. Bien que ces travaux se soient en partie conservés, il n'est pas fait mention qu'ils aient été utilisés dans le cours des siècles. Les habitants se sont toujours alimentés de l'eau de puits et de l'eau provenant des fontaines de Saint-André et de Luisant.

On retrouve en 1783 un projet qui consistait à utiliser l'eau de l'Eure, en établissant une machine hydraulique aux Trois-Ponts-Saint-Martin. Il faut croire que ce projet ne fut pas exécuté, car en 1825 en raison de la sécheresse et aussi du grand nombre d'incendies, le préfet d'Eure-et-Loir mettait la municipalité en mesure de donner de l'eau à la partie haute de la ville. Il fut décidé à cette époque que l'eau serait prise dans l'Eure et élevée à la terrasse de la porte saint Michel.

Nous avons déjà dit qu'en 1830 des essais de puits artésien avaient été faits dans un certain nombre de villes,

qu'au Mans en particulier, ces essais avaient été infructueux ; après plusieurs tentatives faites à Chartres, la municipalité confia les travaux à l'Ingénieur Mulot dont la réputation était alors considérable. Cette tentative ne fut pas plus heureuse que les premières, les travaux commencés place Saint-Maur durent être abandonnés sans qu'on ait pu atteindre la nappe d'eau souterraine.

La première usine hydraulique fut construite en 1845, l'eau était prise dans l'Eure au pont de la Courtille et était refoulée dans le réservoir de l'ancien collège. Cette installation devait être bientôt insuffisante, il faut ajouter du reste que l'eau n'était pas de bonne qualité. C'est alors que M. Hubert proposa d'utiliser la nappe d'eau souterraine provenant d'une dérivation de l'Eure. Cette eau subissait une épuration naturelle par suite de sa filtration à travers le gravier. Les sondages effectués aux Trois-Ponts révélèrent la présence d'une nappe d'eau de trois mètres ; elle fut reconnue de bonne qualité et le Conseil municipal adopta le projet de transférer en cet endroit l'usine hydraulique ; mais après les événements de 1870 et en raison du mauvais état des finances de la ville ce projet fut ajourné.

En 1875, l'usine hydraulique fut construite rue des Perriers, l'eau était prise dans l'Eure en amont de la ville, sans aucune purification, cette solution n'était pas pour satisfaire les hygiénistes ; en 1889 nous voyons la question alimentaire des eaux être agitée de nouveau au Conseil Municipal. M. Humblot, à cette époque, proposait d'alimenter la ville avec de l'eau des sources du Grand Pré et de la Fontaine Bouillant. Les études chimiques et bactériologiques faites alors, montrèrent que l'on devait considérer l'eau de

la Fontaine Bouillant comme suspecte. Le projet fut abandonné.

Il faut arriver en 1904 pour voir la question d'alimentation des eaux de la ville de Chartres recevoir une solution. La Commission municipale adopte les conclusions du rapport du D^r Maunoury : projet consistant à prendre l'eau dans l'Eure et à la purifier par l'action de l'ozone, après une clarification préalable. Les travaux commencèrent en 1906, l'usine fut inaugurée le 16 mai 1908.

DESCRIPTION DE L'USINE.

L'usine est située à une faible distance du centre de la ville, elle comprend deux parties bien distinctes, l'une réservée à la filtration de l'eau, l'autre à l'ozonisation.

La clarification de l'eau est nécessaire, l'ozone exige pour donner de bons résultats que l'eau soit limpide et qu'elle ne soit pas trop riche en matières organiques. C'est du reste ce que fait ressortir le D^r Maunoury dans son rapport : *l'ozonisation stérilise l'eau admirablement, mais elle ne fait pas disparaître les matières en suspension, en d'autres termes, elle ne la filtre pas. L'eau primitivement trouble reste trouble, si bien qu'après son passage dans les appareils, elle ne renferme plus aucun germe nuisible et cependant elle ne peut être distribuée au public dans cet état.*

L'eau de l'Eure est prise dans les sous-sols de l'usine, elle est aspirée dans un réservoir où elle subit une première décantation, de là elle se rend dans les bassins filtrants. Ces bassins, comme du reste le réservoir d'eau brute, sont situés dans un bâtiment clos. Cette disposition a pour but de maintenir l'eau à une température constante, d'éviter la for-

mation d'algues sur les bassins filtrants, d'empêcher les matières étrangères venant de l'extérieur de souiller l'eau.

Dégrossisseurs. — Chaque bassin filtrant est précédé de deux dégrossisseurs dits « bioxydants ». Les dégrossisseurs employés ont une superficie de 8 mètres carrés, ils sont construits en ciment armé et sont remplis d'une couche de coke de 2 mètres d'épaisseur, ces deux dégrossisseurs fonctionnent alternativement, pendant que l'un travaille, l'autre se revivifie. A cet effet, le dégrossisseur est complètement vidé au moyen d'un robinet de décharge, il est ensuite laissé au repos pour permettre à l'air de pénétrer à travers les fragments de coke. La durée de travail de chaque dégrossisseur varie de 1 à 4 heures, tout dépend de l'état de l'eau. Avant d'être remis en fonction, le dégrossisseur est rempli d'eau, puis vidé complètement, ce lavage a pour but d'enlever les matériaux oxydés ; après cette opération le dégrossisseur est prêt à fonctionner de nouveau.

Le principe de ce dégrossisseur est le même que celui qui est mis en pratique pour l'épuration biologique de l'eau d'égout dans le procédé dit des *lits bactériens*. Qu'il nous soit permis de dire un mot de cette épuration, cela nous permettra de mieux faire ressortir les ressemblances qui existent entre ce procédé et celui des dégrossisseurs de Chartres.

Les eaux d'égouts séparées par une première opération des substances trop grossières qu'elles renferment sont reçues dans une fosse fermée, divisée généralement en deux compartiments pour faciliter le travail des bactéries ; la substance minérale de densité plus élevée va tomber au fond

de la fosse, tandis que les substances organiques en suspension et en dissolution vont devenir le siège de nombreuses réactions. Les substances riches en carbone vont subir la fermentation carbonique, les substances plus complexes telles que la cellulose subiront une fermentation dans laquelle le gaz qui se dégage est du méthane, c'est pourquoi on a donné à cette fermentation le nom de fermentation forménique, les diastases secrétées par différentes bactéries compléteront la dissociation de la molécule albuminoïde et solubiliseront ces substances, telles sont les réactions qui s'accompliront tout d'abord. Ce liquide riche en sels ammoniacaux sera déversé sur les lits bactériens. Ces lits sont constitués d'un bassin étanche, dont le fond est garni de conduites en poterie servant d'appareils de drainage. La matière filtrante est constituée de mâchefer disposé sur une couche de 0^m80 à 1^m50 d'épaisseur, les gros morceaux de 8 à 10 centimètres occupent le fond, les moyens de 3 à 4 la partie médiane et les petits de 2 centimètres, la surface. Le travail de cette fosse est ainsi réparti : une heure pour le remplissage, deux heures pour la filtration, une heure pour vider l'appareil, quatre heures de repos pour l'aération des scories. L'action des lits bactériens est surtout un travail de nitrification et de dénitrification ; le liquide qui arrive sur ces appareils est riche en ammoniaque salin et en ammoniaque albuminoïde ; ces corps se transforment sous l'influence des ferments nitreux et nitriques en nitrites, puis en nitrates, pendant que d'autres ferments amènent la réduction des nitrates en azote. Tel est en résumé l'application du procédé des lits bactériens ou du « septick tank ».

Le principe des dégrossisseurs de Chartres est le même :

transformation de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux en nitrites puis en nitrates, réduction ensuite des nitrates en azote. Le fonctionnement des dégrossisseurs est du reste semblable : période de travail, puis période de repos plus ou moins longue suivant la nature de l'eau à épurer, ce repos étant nécessaire pour permettre à l'oxygène de l'air de pénétrer dans la masse, et de fournir aux ferments l'oxygène qui leur est nécessaire.

La différence des appareils tient à la nature de la matière filtrante; dans le procédé des lits bactériens, on utilise le mâchefer ou scories de forge, corps très caverneux et très dense, tandis qu'à Chartres on fait usage du coke plus léger que l'eau; la première substance étant considérée comme supérieure, la masse interne du coke étant représentée non par des pores mais par des poches fermées à l'air extérieur.

L'eau ainsi dégrossie arrive sur les bassins filtrants, ceux-ci sont au nombre de 10, chacun a une superficie de dix mètres carrés.

La substance filtrante a une épaisseur d'un mètre, elle comprend 0,50 de gravier dont la grosseur va en diminuant de bas en haut, et 0,50 de sable de rivière.

Le fond des bassins est garni de tuyaux perforés disposés en croix pour recueillir l'eau clarifiée.

Chaque bassin reste en service pendant 23 heures 1/2, après ce temps il est nettoyé. Pour cela, on commence par l'isoler au moyen d'un système de vannes, puis on insuffle au moyen d'un ventilateur mis en mouvement par un moteur à gaz, de l'air sous pression, cet air sort par les ouvertures des tuyaux qui servaient à recueillir l'eau clarifiée pendant la filtration, en même temps on fait arriver d'un résér-

voir spécial de l'eau ayant subi l'action de l'ozone. L'air agite toute la masse de sable, maintient à la surface les matières étrangères qui ont pu se déposer pendant que l'eau ozonée les entraîne à l'égout. Ce travail ne demande qu'une demi-heure environ.

L'eau ainsi clarifiée arrive dans la deuxième partie de l'usine où elle va subir l'action de l'ozone.

Usine Electrique. — La purification de l'eau au moyen de l'ozone comprend deux phases : d'une part la production de l'air ozoné, et d'autre part l'action de cet air sur l'eau.

L'usine électrique comprend deux groupes de machines identiques dont un seul est utilisé.

Une machine à vapeur met en fonction une pompe Farcot et un alternateur qui produit un courant de 140 volts ; ce courant passe par un transformateur qui a pour but d'élever sa force électro-motrice à 1,500 volts, ce courant arrive dans les ozoneurs.

Les ozoneurs sont des caisses rectangulaires fermées dont les parois sont en fonte sauf une des faces qui est en verre ce qui permet de s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil.

Chaque ozoneur comprend cinq éléments producteurs d'ozone, chacun des éléments est lui-même formé de trois plateaux en fonte qui constituent les électrodes, l'électrode positive est placée entre deux électrodes négatives ; les deux faces de l'électrode positive et la face interne des électrodes négatives sont tapissées de lames de verre garnies de feuilles d'étain.

Les électrodes sont percées au centre d'une ouverture

circulaire destinée au passage de l'air. Pour assurer une meilleure production d'ozone, les électrodes sont refroidies par un courant d'eau froide, cette eau est répandue sous forme de pluie très fine, afin de l'éviter d'être conductrice de l'électricité.

L'air provenant de l'extérieur avant d'être refoulé dans les ozoneurs, traverse une colonne renfermant du chlorure de calcium, afin de le dessécher complètement. Dans le cas où l'air serait chargé d'humidité, la production d'ozone serait défectueuse. L'air arrive dans les ozoneurs, subit l'action des effluves électriques, son oxygène est transformé en ozone.

L'air ozoné est conduit par des tuyaux en poterie dans une tour où il se trouve en contact avec l'eau. La hauteur de cette tour est de 4^m50, elle a été calculée de façon que tout l'ozone soit utilisé. L'air arrive par la partie inférieure, tandis que l'eau est répandue à la partie supérieure, elle traverse un lit de cailloux qui la divise sous forme de pluie ce qui assure une action plus intime de l'eau avec l'ozone.

L'eau après ce traitement est reçue dans un réservoir d'où elle est refoulée dans les diverses canalisations.

CHAPITRE V

Etude comparative de ces différents systèmes de filtration

Avant d'examiner les modifications chimiques que l'eau subit par son passage à travers les filtres à sable, il est nécessaire de faire ressortir les différences essentielles qui existent entre les trois installations que nous venons de décrire.

L'usine du Mans utilise les filtres à sable submergé, ainsi nommés parce qu'une couche d'eau d'une épaisseur de 0^m50 recouvre constamment la surface du sable. C'est la membrane qui se forme sur le sable qui va constituer la partie essentielle du filtre et toutes les opérations préliminaires, dégrossissage, préfiltration, contribueront au bon développement et au bon fonctionnement de cette membrane. Les bassins filtrants sont de plus exposés au grand air, à l'action directe des rayons lumineux, ce qui va permettre aux spores amenées par l'eau de germer, de donner des algues riches en chlorophylle dont l'assimilation chlorophyllienne sera d'autant plus intense qu'il y aura plus de radiations lumineuses.

A Châteaudun, les filtres à sable sont des filtres non sub-

mergé, le débit est réglé de telle façon qu'au fur et à mesure que l'eau arrive sur le filtre, elle s'écoule à travers le sable, les bassins filtrants sont placés dans un bâtiment clos où règne une demi-obscurité afin d'empêcher sur le filtre le développement de toute espèce de végétation.

A Chartres, la même disposition est adoptée en ce qui

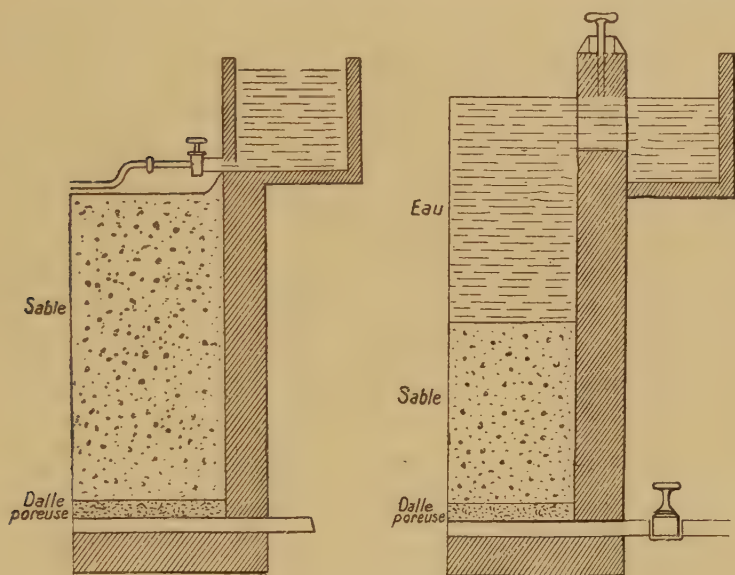


FIG. 2. — Filtres à sable.

concerne la protection des bassins filtrants qui sont situés dans un bâtiment clos. La filtration se fait sur des filtres à sable submergé mais avec cette différence que ce filtre ne reste en fonction que 24 heures, après ce temps, un nettoyage aussi complet que possible est pratiqué pour empêcher le développement de la membrane filtrante qui joue un rôle si grand dans le filtre à sable submergé ordinaire.

Les trois installations diffèrent encore par l'emploi de dégrossisseurs. L'usage de ces appareils n'a pas lieu à Châteaudun, il est vrai que l'eau utilisée dans cette ville est de l'eau de source constamment limpide, même au moment des grandes pluies, peu riche en matières organiques en suspension et en dissolution, aussi l'emploi de dégrossisseur serait inutile.

L'usine du Mans fait usage de dégrossisseurs dits « bio-filtrants », ces dégrossisseurs sont constitués de gravier dont la grosseur va en diminuant d'un élément à l'autre ; ces éléments étant au nombre de quatre. Ces appareils agissent mécaniquement en retenant les substances en suspension dans l'eau et chimiquement en préparant l'action de la membrane filtrante, l'eau par son passage à travers les dégrossisseurs commence à perdre une partie de son gaz carbonique, ce qui amène la précipitation d'une certaine quantité de chaux à l'état de carbonate insoluble.

L'usine de Chartres utilise les dégrossisseurs dits bioxydants, ces appareils agissent par oxydation, ils sont accouplés par deux et fonctionnent alternativement. Pendant que l'un est en service, l'autre reste au repos après avoir été vidé complètement. Ce système de dégrossisseurs, employé avec succès pour l'épuration *intensive* de l'eau d'égout, dans le procédé des lits bactériens *ou de contact*, comme nous l'avons du reste exposé, semble donner au point de vue chimique des résultats d'autant plus positifs que l'eau à épurer est plus riche en matières organiques et en sels ammoniacaux. Il suffit pour s'en convaincre, de comparer les résultats obtenus pendant la période de beau temps où les différences sont insignifiantes, et les résultats obtenus

pendant la période crue. Telles sont les différences qui existent entre les trois installations que nous avons décrites.

Examinons maintenant les résultats obtenus au point de vue chimique.

LE MANS

Moyenne des résultats des analyses d'eau prélevée pendant les mois de Juillet, Août et Septembre 1910.

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	OBSERVATIONS
I. — Caractères organoleptiques.			
Limpidité	limpide	limpide	
Odeur	nulle	nulle	
Conservation	bonne	bonne	
Couleur	incolore	incolore	
Tous les résultats ci-dessous sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.			
II. — Recherches générales.			
1° Matière organique { en solution alcaline....	2 ^m 23	1 ^m 37	Procédé Lévy.
évaluée en oxygène absorbé { en solution acide.....	2 ^m 62	1 ^m 25	—
2° Oxygène dissous { en poids.....	12 ^m 5	10 ^m 7	—
en volume.....	8 ^{cc} 7	7 ^{cc} 09	—
3° Ammoniaque libre et sels ammoniacaux	0 ^m 34	0 ^m 10	Procédé Wanklyn et Chapman.
4° Ammoniaque albuminoïde	0 ^m 11	0 ^m 04	
5° Nitrites	néant	néant	Procédé Grandval et Lajoux Méthode de Mohr.
6° Nitrate en azotate de potasse	4 ^m	3 ^m 6	
7° Chlore en chlorure de sodium	31 ^m 59	25 ^m 74	
8° Acide phosphorique.....	traces	traces	
III. — Hydrotimétrie.			
1° Degré hydrotimétrique total.....	22°7	18°9	
2° — permanent ...	1°8	1°5	
IV. — Analyse minérale.			
1° Résidu à 100°	310 ^m	256 ^m	Par la pesée.
2° Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$..	17 ^m 86	12 ^m 37	
— exprimé en sulfate anhydre de chaux	30 ^m 31	20,98	
3° Chaux en CaO	123 ^m 52	100 ^m	
4° Magnésie en MgO	18 ^m	16 ^m	
5° Silice	30 ^m	20 ^m	

CHATEAUDUN

Moyenne des résultats des analyses d'eau prélevée pendant les mois de Juillet, Août, Septembre 1910.

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	OBSERVATIONS
I. — <i>Caractères organoleptiques.</i>			
Limpidité.....	limpide	limpide	
Odeur.....	nulle	nulle	
Conservation.....	bonne	bonne	
Couleur.....	incolore	incolore	
Tous les résultats ci-dessous sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.			
II. — <i>Recherches générales.</i>			
1 ^o Matière organique { en solution alcaline....	0 ^m 375	0 ^m 150	Procédé Lévy.
évaluée en oxygène absorbé { en solution acide.....	1 ^m 125	0 ^m 687	—
2 ^o Oxygène dissous { en poids.....	10 ^m 2	9 ^m 5	—
en volume....	7 ^{cc} 09	6 ^{cc} 6	—
3 ^o Ammoniaque libre et sels ammoniacaux	0 ^m 08	0 ^m 06	Procédé Wanklyn et Chappmann
4 ^o Ammoniaque albumoïde.....	0 ^m 11	0 ^m 04	
5 ^o Nitrites.....	néant	néant	
6 ^o Nitrate en azotate de potasse.....	24 ^m	24 ^m	Procédé Grandval et Lajoux
7 ^o Chlore en chlorure de sodium.....	33 ^m 93	33 ^m 34	Méthode de Mohr.
8 ^o Acide phosphorique.....	traces	néant	
III. — <i>Hydrotimétrie.</i>			
1 ^o Degré hydrotimétrique total.....	24 [°] 6	23 [°] 5	
2 ^o — permanent.....	4 [°] 5	4 [°] 04	
IV. — <i>Analyse minérale.</i>			
1 ^o Résidu à 100 [°]	334 ^m	323 ^m	
2 ^o Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$..	13 ^m	12 ^m	Par la pesée.
— exprimé en sulfate anhydre de chaux	21 ^m	20 ^m	—
3 ^o Chaux en CaO	135 ^m	125 ^m	—
4 ^o Magnésie en MgO	16 ^m 3	12 ^m 7	—
5 ^o Silice.....	14 ^m	14 ^m	—

CHARTRES

Moyenne des résultats des analyses d'eau prélevée pendant les mois de Juillet, Août, Septembre 1910.

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	EAU OZONÉE	OBSERVATIONS
I. — Caractères organoleptiques.				
Limpidité.....	limpide	limpide	limpide	
Odeur.....	nulle	nulle	nulle	
Conservation.....	bonne	bonne	bonne	
Couleur.....	incoloré	incoloré	incoloré	
Tous les résultats ci-dessous sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau				
II. — Recherches générales.				
1 ^e Matière organique				
{ en solution				
{ alcaline ..	1 ^m 06	1 ^m 06	0 ^m 9	Procédé Lévy.
évaluée en oxygène absorbé				
{ en solution				
{ acide	1 ^m 37	1 ^m 21	1 ^m 03	—
2 ^e Oxygène dissous				
{ en poids..	9 ^m 7	9 ^m 3	10 ^m 3	—
{ en volume	6 ^{cc} 7	6 ^{cc} 5	7 ^{cc} 9	—
3 ^e Ammoniaque libre et sels ammoniacaux..	0 ^m 11	0 ^m 09	0 ^m 9	Procédé Wanklin et Chappman
4 ^e Ammoniaque albumoïde.....	0 ^m 07	0 ^m 06	0 ^m 06	
5 ^e Nitrites	néant	néant	néant	
6 ^e Nitrates en azotate de potasse	22 ^m	15 ^m	20 ^m	Procédé Grandval et Lajoux
7 ^e Chlore en chlorure de sodium..	29 ^m 25	29 ^m	28 ^m	Méthode de Mohr.
7 ^e Acide phosphorique.....	trace	trace	trace	
III. — Hydrotimétrie				
1 ^e Degré hydrotimétrique total	17°	15°9	15°9	
2 ^e — permanent	4°6	3°	3°5	
IV. — Analyse minérale.				
1 ^e Résidu à 100°	266	257	258	
2 ^e Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$...	9 ^m 62	8,24	17,18	Par la pesée.
— exprimé en sulfate anhydre de chaux	16 ^m 32	13 ^m 99	29 ^m 15	—
3 ^e Chaux en CaO	115 ^m	104 ^m	105 ^m	—
4 ^e Magnésie en MgO	15 ^m	9 ^m	9 ^m	—
5 ^e Silice.....	14 ^m	10 ^m	10 ^m	—

LE MANS

Eau prélevée en temps de crue (27 novembre 1910).

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	OBSERVATIONS	
I. — <i>Caractères organoleptiques.</i>				
Limpidité.....	trouble	limpide		
Odeur.....	nulle	nulle		
Conservation.....	bonne	bonne		
Couleur.....	jaune	faibl. jaunâtre sous une épais. assez considérable		
Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.				
II. — <i>Recherches générales.</i>				
1 ^o Matière organique	{ en solution alcaline....	6 ^m 6	2 ^m 6	Procédé Lévy.
évaluée en oxygène absorbé	{ en solution acide.....	14 ^m 37	3.87	—
		10 ^m 25	10	—
2 ^o Oxygène dissous	{ en poids..... en volume.....	7 ^{cc} 1	6 ^{cc} 9	—
3 ^o Ammoniaque libre et sels ammoniacaux		0 ^m 14	0 ^m 12	Procédé Wanklyn et Chappman
4 ^o Ammoniaque albumoïde.....		0 ^m 64	0 ^m 13	
5 ^o Nitrites.....		néant	néant	
6 ^o Nitrate en azotate de potasse.....		10 ^m	8 ^m	Procède Grandval et Lajoux
7 ^o Chlore en chlorure de sodium.....		16 ^m 9	16 ^m	Méthode de Mohr.
8 ^o Acide phosphorique.....		trace	trace	
III. — <i>Hydrométrie.</i>				
1 ^o Degré hydrotimétrique total.....		15 ^m 2	13 ^m 6	
2 ^o — permanent.....		3 ^m 7	3 ^m	
IV. — <i>Analyse minérale.</i>				
1 ^o Résidu à 100°.....		282 ^m	240 ^m	
2 ^o Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$..		28 ^m 86	23 ^m 36	Par la pesée.
— exprimé en sulfate anhydre de chaux.		4 ^m 97	39 ^m 64	—
3 ^o Chaux en CaO		103 ^m	90 ^m	—
4 ^o Magnésie en MgO		10 ^m	7 ^m	—
5 ^o Silice.....		76 ^m	38 ^m	—
6 ^o Fer.....		présence	trace	—

CHATEAUDUN

Eau prélevée en temps de crue (27 novembre 1910).

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	OBSERVATIONS
I. — <i>Caractères organoleptiques</i>			
Limpidité.....	limpide	limpide	
Odeur.....	nulle	nulle	
Conservation.....	bonne	bonne	
Couleur.....	incolore	incolore	
Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.			
II. — <i>Recherches générales.</i>			
1° Matière organique	1 ^m 8	1 ^m	Procédé Lévy.
évaluée en oxygène absorbé			
{ en solution			
{ alcaline....			
{ en solution	1 ^m 125	0,625	—
{ acide.....			
2° Oxygène dissous	10 ^m 9	10,4	—
{ en poids.....			
{ en volume.....	7 ^{cc} 6	7 ^{cc} 2	—
3° Ammoniaque libre et sels ammoniacaux	0 ^m 50	0 ^m 20	Procédé Wanklyn et Chappmann
4° Ammoniaque albumoïde.....	0 ^m 12	0,07	
5° Nitrites.....	néant	néant	Procédé Grandval et Lajoux Méthode de Mohr.
6° Nitrate en azotate de potasse.....	38 ^m	44 ^m	
7° Chlore en chlorure de sodium.....	30 ^m 4	29 ^m 2	
8° Acide phosphorique.....	trace	trace	
III. — <i>Hydrotimétrie.</i>			
1° Degré hydrotimétrique total.....	23°	21°2	
2° — permanent.....	4,7	3,7	
IV. — <i>Analyse minérale.</i>			
1° Résidu à 100°.....	394 ^m	356 ^m	Par la pesée.
2° Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$...	25 ^m 77	17 ^m 18	
— exprimé en sulfate anhydre de chaux	43 ^m 72	29 ^m 15	
3° Chaux en CaO	140 ^m	130 ^m	
4° Magnésie en MgO	12 ^m 61	10 ^m 81	
5° Silice.....	34 ^m	28 ^m	

CHARTRES

Eau prélevée en temps de crue (27 Novembre 1910).

	EAU BRUTE	EAU FILTRÉE	EAU OZONÉE	OBSERVATIONS
I. — Caractères organoleptiques				
Limpidité.....	trouble	louche	limpide	
Odeur.....	nulle	nulle	nulle	
Conservation.....	bonne	bonne	bonne	
Couleur.....	jaunâtre	incoloré	incoloré	
Tous les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.				
II. — Recherches générales.				
1° Matière organique	5 ^m	4 ^m 12	2 ^m 75	Procédé Lévy.
en solution alcaline..				
en solution acide.....				
évaluée en oxygène absorbé	5 ^m 6	5 ^m 3	3 ^m 7	—
2° Oxygène dissous	12 ^m 7	11 ^m 7	12 ^m 3	—
en poids..	8 ^{cc} 8	8 ^{cc}	8 ^{cc} 5	—
en volume	0 ^m 18	0 ^m 10	0 ^m 10	Procédé Wanklin et Chapman
3° Ammoniaque libre et sels ammoniacaux..	0 ^m 13	0 ^m 09	0,08	
4° Ammoniaque albumoïde.....	néant	néant	néant	Procédé Grandval et Lajoux Méthode de Mohr.
5° Nitrites.....	35 ^m	40 ^m	34 ^m	
6° Nitrate en azotate de potasse..	24 ^m 5	24 ^m 5	25	
7° Chlore en chlorure de sodium	trace	trace	trace	
8° Acide phosphorique.....				
III. — Hydrotimétrie.				
1° Degré hydrotimétrique total	15°2	13°8	14°2	
2° — permanent	3°7	3,3	4°	
IV. — Analyse minérale.				
1° Résidu à 100°.....	268 ^m	228 ^m	240 ^m	Par la pesée.
2° Acide sulfurique exprimé en $\text{So}^4 \text{H}^2$...	22 ^m 32	20 ^m 61	25 ^m 77	
— exprimé en sulfate anhydre de chaux	37 ^m 89	34 ^m 9	43 ^m 72	
3° Chaux en CaO	90 ^m	85 ^m	85 ^m	—
4° Magnésie en MgO	14	9	9	—
5° Silice.....	48 ^m	34	32	—

CONCLUSION

Au Mans, avec filtre à sable submergé, il y a diminution notable de la matière organique exprimée en oxygène absorbé, tant en solution alcaline qu'en solution acide; celle-ci était de $2^{\text{mm}}25$ et $2^{\text{mm}}62$ pour la période d'été, est réduite, après filtration, à $1^{\text{mm}}37$ et à $1^{\text{mm}}25$.

Pendant la période de crue, la réduction est encore plus sensible. Nous avons, dans l'eau brute, $6^{\text{mm}}6$ et $14^{\text{mm}}37$ avant filtration, après il nous en reste $2^{\text{m}}6$ et $3^{\text{m}}87$. L'ammoniaque libre et surtout l'ammoniaque albuminoïde ont subi des réductions sensibles. Avant filtration, l'eau renferme $0^{\text{m}}34$ et $0^{\text{m}}14$, après filtration, elle n'en contient que $0^{\text{m}}10$ et $0^{\text{m}}12$, la quantité d'ammoniaque albuminoïde qui était de $0^{\text{m}}11$ et $0^{\text{m}}64$ dans l'eau brute, est tombée à $0^{\text{m}}04$ et $0^{\text{m}}13$ dans l'eau filtrée. Le résidu salin a été modifié d'une façon sensible; il était de 310 m. et 282 m., se trouve réduit à 256 et 240, la filtration a retenu surtout une certaine quantité de chaux et de silice.

A Châteaudun, avec les filtres à sable non submergé, la matière organique qui existait en très faible quantité, tant pendant l'été que pendant la période de crue, se trouve réduite, elle est passée de $0^{\text{m}}375$ et $1^{\text{m}}8$ à $0^{\text{m}}150$ et à 1 m. en solu-

tion alcaline, et de $1^{\text{m}}125$ à $0,687$ et à $0^{\text{m}}625$. L'ammoniaque salin de $0^{\text{m}}08$ et $0,50$ à $0,06$ et $0,20$, l'ammoniaque albuminoïde de $0^{\text{m}}11$ et $0^{\text{m}}12$ est tombée à $0,04$ et $0,07$. Les modifications subies par la matière minérale ont été plus profondes pendant la période de crue que pendant la période de beau temps.

A Chartres, après filtration au sable et ozonisation, l'épuration qui, pendant la période d'été, était insignifiante, pour ne pas dire nulle, en ce qui concerne la matière organique, l'ammoniaque salin et l'ammoniaque albuminoïde, a été beaucoup plus significative pendant la période de crue. C'est ainsi que pendant l'hiver, la quantité de matière organique exprimée en oxygène absorbé, tant en solution alcaline qu'acide, qui était de 5^{m} et $5^{\text{m}}6$, se trouve réduite à $4^{\text{m}}12$ et $5^{\text{m}}3$, l'ammoniaque salin est passé de $0^{\text{m}}18$ à $0^{\text{m}}10$ et l'ammoniaque albuminoïde de $0^{\text{m}}13$ à $0,09$. La matière minérale a subi des modifications notables qui portent un peu sur tous les éléments.

L'ozone s'est manifesté en augmentant la proportion d'oxygène en dissolution, en réduisant la matière organique, il n'a fait subir aucune modification à la matière minérale ; il convient de remarquer cependant une augmentation assez considérable de sulfate ; cette augmentation peut s'expliquer de la façon suivante : l'air qui est pris dans le voisinage de l'usine contient une petite quantité de gaz sulfureux produit par la combustion de houille pyriteuse, ce gaz sulfureux s'oxyde sous l'influence de l'ozone et amène une élévation de sulfate dans l'eau.

On peut donc conclure que, quelque soit le mode de filtration adopté, filtre à sable submergé, filtre à sable non

submergé, tous ces filtres font perdre à l'eau une petite quantité d'oxygène en dissolution, tous amènent une diminution de la matière organique, de l'ammoniaque salin et de l'ammoniaque albuminoïde, enfin, tous modifient la composition minérale de l'eau d'une façon sensible.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUDET (LOUIS). — *Filtres à sable non submergé*. Paris 1908. Dunot et Pinat.
- *Sur les filtres à sable non submergé*, de Miquel et Mouchet. *Revue d'hygiène* 1907, p. 689.
- DESGORCES (Camille). — *L'eau pure à Chartres*.
- CHABAL. — *Filtration par le sable des eaux d'alimentation. Modifications proposées aux règles de Koch. Revue d'Hygiène*, 1902, t. XXIV p. 540.
- *Les filtres à sable et la fièvre typhoïde en Allemagne*. Rapport existant entre la mortalité thyphique la mortalité générale et le mode d'alimentation. *Revue d'hygiène*, 1901, t. XXIII p. 350.
- MIQUEL ET MOUCHET. — *Sur les filtres à sable non submergé. Revue d'hygiène*, t. XXIX, 1907, p. 573.
- *Nouvelles remarques sur l'épuration de l'eau de source et de rivière, par les filtres à sable non submergé. Annales de l'Observatoire municipal de la ville de Paris*, t. VI, 1905.
- D' LACOME. — *L'épuration des eaux par les filtres à sable dits américains. Revue d'Hygiène*, t. 27, 1905, p. 43.
- LE COUPPEY DE LA FOREST. — *Sur la construction et la conduite, la surveillance rationnelle des filtres à sable et sur les qualités hygiéniques des eaux produites par de pareils filtres aux États-Unis d'Amérique, Revue d'Hygiène*, t. XXVI, 1904, p. 345.

- KEMMA. — *Sur la biologie du filtre à sable. Revue d'Hygiène*, 1905, t. XXVII.
- MARCHADIER ET GUINAUDEAU. — *Projet d'épuration d'une eau de rivière destinée à l'alimentation publique*. Imp. Berger-Levrault.
- MARCHADIER. — *Effets de la sédimentation sur la limpidité et le titre bactérien des eaux de rivière. Bulletin de la Société Belge de biologie, de paléontologie et d'hydrologie*, t. XXIV, 1910.
- MARCHADIER ET GUINAUDEAU. — *Sur quelques erreurs gravement préjudiciables à la vulgarisation du filtre de Simpson* (Extrait du bulletin de la société belge de géologie, de paléontologie, d'hydrologie, t. XXIII, 1909).
- MARCHADIER. — *Extrait du bulletin de la Société Belge de géologie, de paléontologie, d'hydrologie*, t. XII, 1908.
- FRANKLAND. — *Action des filtres sur les organismes de l'eau* (Proceedings of the royal society n° 238, 1885 et British medical Journal, 7 novembre 1885, p. 874).
- PLAGGE. — *Sur la filtration de l'eau. Revue d'Hygiène*, t. VIII, 1866, p. 1059.
- ARNOULD. — *La stérilisation de l'eau. Revue d'Hygiène*, t. XV, 1893, p. 501.
- GAERTNER. — *Recherches faites en Amérique sur la filtration par le sable. Revue d'Hygiène*, t. XXIII, 1901, p. 285.
- D^r OLIVA. — *Filtres submergés pour eaux vannes des hôpitaux. Revue d'Hygiène*, t. XXIV, 1902, p. 755.
- LE COUPPEY DE LA FOREST. — *Les filtres à sable de la Compagnie des eaux de la banlieue de Paris. Revue d'Hygiène*, t. XXVIII, 1906, p. 560.
- NOMBLOT. — *Filtration des eaux potables par les procédés américains. Thèse de la Faculté de Lyon*, 1904.
- BITTER ET GOTSCHLICH. — *Sur l'emploi de précipitants chimiques dans la filtration par le sable. Revue d'Hygiène*, t. LIX, 1908.

- PRAUSNITZ. — *Sur la filtration naturelle par le sol. Revue d'hygiène*, t. LIX, 1908.
- MARBOUTIN. — *Contribution à l'étude des filtres à sable submergé. Annales de l'Observatoire Municipal*, t. IX, 1908, 1^{er} et 2^e fascicule, p. 206.
- FRIEDBERGER. — *Recherches sur l'application de la méthode de filtration rapide américaine à l'épuration des eaux de Königsbert. Revue d'hygiène*, t. LXI, 1908, p. 355.
- OGIER ET BONJEAN. — *Stérilisation des eaux destinées à l'alimentation publique. Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, avril 1905.
- PIEFKE. — *Principes pour obtenir de l'eau pure au moyen de la filtration. Schillings Journal*, 1887, p. 604.
- PIEFKE. — *Aphorismes sur l'alimentation d'eau au point de vue technique et hygiénique. Revue d'hygiène*, t. VII, 1889, p. 115.
- BRUNHES. — *Recherches expérimentales sur le passage des liquides à travers les substances perméables et les courbes filtrantes. Mémoire de l'Académie des Sciences de Toulouse*, 1881.
- ROLLET. — *De l'influence des filtres naturels sur les eaux potables. Revue d'hygiène*, t. III, 1882, p. 816.
- THRESH. — *Conférence sur le filtrage de l'eau dans ses rapports avec les distributions publiques. Revue d'hygiène*, t. XXVII, 1905.
- PLAGGE ET PROSKAUER. — *Bassins filtrants de Berlin. Revue d'hygiène*, t. X, 1888, p. 265.
- FRAENKEL ET PIEFKE. — *Installations de filtrages pour les distributions municipales d'eau. Revue d'hygiène*, t. XIII, 1871, p. 572.
- MARTIN. — *Épuration et stérilisation des eaux de rivière. Revue d'hygiène*, t. XVIII, 1896, p. 289.
- SCHOEN. — *Filtres de Hambourg. Revue d'hygiène*, t. XVIII, 1896, p. 469.

- PANNWITZ. — *Filtration des eaux de surface en Allemagne. Revue d'hygiène*, t. XXI, 1899, p. 75.
- GAERTNER. — *Recherches faites en Amérique sur la filtration par le sable. Revue d'hygiène*, t. XXIII, 1901, p. 285.
- BAUCHER. — *Analyse chimique et bactériologique de l'eau potable. Epuration de l'eau.*
- GUINOCHE. — *Les eaux d'alimentation, épuration, filtration, stérilisation.*
- PUECH. — *Filtration des eaux en grande masse.*
- J. OGIER ET BONJEAN. — *Le sol et l'eau.*

Discussion sur la filtration des eaux d'alimentation et la fièvre typhoïde dans la séance du 24 novembre 1904, à la *Société de Médecine publique. Revue d'hygiène*, t. XXVI, 1904.

Annales de l'Institut Pasteur, 25 septembre 1895, 25 avril 1899; année 1890.

VU :

Le Président de la thèse,

G. BOUCHARDAT.

VU :

Le Directeur de l'École

H. GAUTIER.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

